

2026

Lehrplan / Programme

DFG / LFA

Physik / Physique

**Gemeinsames Fach / Wahlfach
Enseignement commun / Option**

**Klassenstufen 10, 11 und 12
Classes de 2nde, 1ère, Terminale**

Inhaltsverzeichnis

1. Leitgedanken	3
1.1. Bildungsziele	3
1.2. Zielsetzungen	3
1.3. Methodische Herausforderungen	4
1.4. Leistungsbewertung	5
2. Thematische Inhalte	5
2.1. Klassenstufe 10	6
2.1.1 Messungen und Messunsicherheiten (Querschnittsthema)	6
2.1.2 Bewegung und Wechselwirkungen - Beschreibung der Bewegung eines Punktes	6
2.1.3 Bewegungen und Wechselwirkungen - Kräfte und das Trägheitsprinzip	7
2.1.4 Energie: Umwandlungen und Übertragungen - Leistung, Energie und Bilanz	8
2.1.5 Energie: Umwandlungen und Übertragungen - Energetische Aspekte elektrischer Phänomene	8
2.1.6 Energie: Umwandlungen und Übertragungen - Energetische Aspekte mechanischer Phänomene	9
2.2. Klassenstufen 11 und 12	10
2.2.1 Messungen und Messunsicherheiten (Querschnittsthema)	10
2.2.2 Wechselwirkungen, Felder und Bewegung – Bewegung eines Systems	11
2.2.3 Wechselwirkungen, Felder und Bewegung – Gravitation: Gravitationsfeld	12
2.2.4 Wechselwirkungen, Felder und Bewegung - Elektromagnetische Wechselwirkung: elektrisches Feld	13
2.2.5 Wechselwirkungen, Felder und Bewegung - Elektromagnetische Wechselwirkung: Magnetisches Feld und Induktion	14
2.2.6 Energie: Umwandlungen und Übertragungen - Thermodynamik	15
2.2.7 Signale, Schwingungen, Wellen - Elektrische Signale	17
2.2.8 Signale, Schwingungen, Wellen - Einführung in mechanische Wellen	18
2.2.9 Signale, Schwingungen, Wellen - Einführung in die elektromagnetischen Wellen	20
2.2.10 Signale, Schwingungen, Wellen - Geometrische Optik	20
2.2.11 Signale, Schwingungen, Wellen - Wellenphänomene	22
2.2.12 Quantenphysik - Quantenobjekte	23
2.2.13 Quantenphysik - Quantisierte Energieniveaus	24
2.2.14 Kernphysik - Kernumwandlungen	24
3. Operatoren	27

1. Leitgedanken

1.1. Bildungsziele

Die Physik bietet eine rationale Analyse der Natur und ihrer Veränderungen. Ziel ist es, die reale Welt mithilfe universell gültiger Prinzipien zu verstehen, die durch Beobachtung, Experiment und Messung überprüft werden.

Die Disziplin ist historisch eng mit der Mathematik verknüpft, deren Sprache sie zur modellhaften Beschreibung der Realität einsetzt.

Der Physikunterricht vertieft das Verständnis dieser Modelle und vermittelt experimentelle Kompetenzen, mit denen sich die Modelle an der Wirklichkeit überprüfen lassen.

Die Physik steht im Mittelpunkt zahlreicher technischer Innovationen, die die Gesellschaft, in der wir leben, kontinuierlich verändern: Diese Anwendungen bieten der Lehrkraft zahlreiche alltagsnahe Kontexte für die Anwendung der vermittelten Konzepte.

An den Deutsch-Französischen Gymnasien vereint der Physikunterricht mehrere Ziele in ausgewogener Weise:

- den Lernenden zentrale Konzepte in vielfältigen Kontexten vorstellen, um natürliche Phänomene und technische Systeme zu beschreiben und zu analysieren;
- die Schülerinnen und Schüler für ein naturwissenschaftliches Studium vorbereiten, indem Methoden und Gegenstände vorgestellt werden, die ihnen später wiederbegegnen;
- die Lernenden mit der wissenschaftlichen Arbeitsweise vertraut machen, ihre Stärken und Grenzen aufzeigen und Instrumente zur Validierung von Wissen bereitstellen;
- einige geschichtliche Meilensteine der Physik vermitteln, an denen französische und deutsche Forschende maßgeblich beteiligt waren.

Der wissenschaftliche Ansatz kennt keine Grenzen; er hat die Aufgabe, Wissen mit einer universellen Reichweite aufzubauen, dessen Internationalität in einer binationalen Schule ihren Platz findet.

1.2. Zielsetzungen

Der Physikunterricht entwickelt eine Reihe von Kompetenzen, die bei jeder wissenschaftlichen Herangehensweise eingesetzt werden. Diese Kompetenzen, die in der folgenden Tabelle aufgeführt sind, strukturieren sowohl die Ausbildung als auch die Bewertung der Lernenden. Einige Beispiele zugehöriger Teilkompetenzen verdeutlichen die Ausprägung der einzelnen übergeordneten Kompetenzen, wobei die Gesamtheit keinen starren Rahmen bilden soll.

Übergeordnete Kompetenzen	Beispiele zugehöriger Teilkompetenzen
Sich aneignen	eine Problemstellung formulieren Informationen im Zusammenhang mit der untersuchten Fragestellung suchen und ordnen die Situation schematisch darstellen
Analysieren / Schließen	eine Hypothese formulieren eine Lösungsstrategie formulieren, um ein Problem zu lösen Aufgaben planen ein Modell oder relevante Gesetze passend auswählen ein Verfahren oder Protokoll auswählen, entwickeln und begründen

Durchführen	die Schritte einer Vorgehensweise / eines Ansatzes umsetzen ein Modell verwenden und Vorhersagen damit treffen durchführen gängiger Verfahren (Berechnungen, Darstellungen, Datenerhebungen, Größenordnungen abschätzen, Analogien ziehen usw.). ein Versuchsverfahren / experimentelles Protokoll unter Einhaltung der Sicherheitsvorschriften durchführen
Validieren	kritisch denken, Plausibilitätsprüfungen durchführen Quellen der Messunsicherheit erkennen, eine Messunsicherheit abschätzen und mit einem Referenzwert vergleichen ein Modell mit experimentellen Ergebnissen vergleichen mögliche Verbesserungen der Vorgehensweise / des Ansatzes oder des Modells vorschlagen
Kommunizieren	Schriftlich und mündlich: - eine Vorgehensweise argumentativ, prägnant und kohärent darstellen - einen angemessenen Wortschatz verwenden und geeignete Darstellungsformen wählen - sich unter Gleichaltrigen austauschen

Der Physikunterricht entwickelt darüber hinaus Querschnittskompetenzen unterschiedlicher Art.

Über die fachlichen Inhalte hinaus fördert der Physikunterricht das kritische Denken der Lernenden, indem er die Validierung wissenschaftlicher Aussagen in den Mittelpunkt stellt (Kompetenz „Validieren“).

Er schärft zudem ihr Verständnis für aktuelle Herausforderungen wie die Energiewende und Klimawandel, damit sie demokratische Entscheidungen, die sie jetzt und in Zukunft treffen müssen, mit rationalen Argumenten belegen zu können.

Die kollektive Dimension des wissenschaftlichen Aufbaus von Wissen im Bereich der Physik ist ein Beispiel, an dem sich Lehrkräfte orientieren sollten, um zur Entwicklung von Teamfähigkeit beizutragen. Labor- und Projektarbeiten im Zweier- oder Gruppenformat im Unterricht, tragen wesentlich dazu bei.

Digitale Kompetenzen sind integraler Bestandteil des Faches. Jedes Themengebiet bietet Lehrkräften zudem zahlreiche Beispiele, um in ihrem Unterricht technologische Anwendungen aus dem Alltag einzubinden.

1.3. Methodische Herausforderungen

Die didaktischen Ansätze, die in den Physiklehrplänen in Deutschland und Frankreich umgesetzt werden, unterscheiden sich in mancherlei Hinsicht (Stellenwert der Modellierung, des gemeinsamen Argumentierens, des Experimentierens usw.). Physiklehrkräfte an Deutsch-Französischen Gymnasien müssen sich dieser Unterschiede bewusst sein und die Vorteile der einzelnen Ansätze nutzen, indem sie sie an ihre Schülerschaft anpassen. Es ist besonders lehrreich, den Schülerinnen und Schülern die jeweils andere Herangehensweise vorzustellen; der Perspektivwechsel vertieft das Verständnis physikalischer Phänomene und Gesetze.

Vor diesem Hintergrund ist dieser Lehrplan aufgebaut: Einige Themen folgen eher der französischen, andere der deutschen Tradition. Alle werden von den Schritten, die sie im Sinne eines besseren Verständnisses der Gepflogenheiten des Partnerlandes machen werden, profitieren.

Die sprachliche Dimension ist für den Aufbau dieser gemeinsamen Kultur von grundlegender Bedeutung. Es ist von entscheidender Bedeutung, dass die Lehrkräfte beider Länder ihren Schülerinnen und Schülern

in beiden Sprachen die wichtigsten Elemente des wissenschaftlichen Vokabulars vermitteln, die in den verschiedenen Themenbereich eingesetzt werden. Der Unterricht soll durch die Arbeit an wissenschaftlich orientierten Originaltexten bereichert werden, die in der jeweiligen Partnersprache verfasst sind.

1.4. Leistungsbewertung

Die Leistungsbewertung in Physik sollte sich auf eine Vielzahl von Situationen stützen, die die Vielfalt der in diesem Fach vorkommenden Formate widerspiegelt: schriftliche Leistungsmessung, Kurztests, Quiz, Durchführung von Experimenten, mündliche Präsentationen auch im Rahmen von praktischen Arbeiten, Dokumentenanalysen, wissenschaftliche Debatten usw. Sie kann individuell oder in Gruppen erfolgen, wobei auch hier die Bewertung jedes Gruppenmitglieds individuell erfolgt. Sie ist in erster Linie ein grundlegendes Element zur Verbesserung des Lernens. Ihre formative Dimension ist von entscheidender Bedeutung, selbst in Bewertungssituationen, in denen der summative Aspekt im Vordergrund steht.

Daher sollen Leistungsmessungen, bei denen Erwartungshorizonte klar zu formulieren sind, zu schnellen und detaillierten Rückmeldungen der Lehrkräfte an ihre Schülerinnen und Schüler führen. Auch gegenseitige Bewertungen (teilweise oder vollständige Bewertungen durch Mitschülerinnen und Mitschüler / „Peer Reviews“) sind empfehlenswert. Bei Bedarf können differenzierte Fördermaßnahmen eingesetzt werden.

2. Thematische Inhalte

In den folgenden Tabellen sind das erforderliche Fachwissen und die zugehörigen Kompetenzen, die von den Lernenden beherrscht werden müssen, nach Themen geordnet aufgeführt. Den "Begriffen und Inhalten" in der ersten Spalte der Tabellen entsprechen eine oder mehrere "verbindliche Kompetenzen" in der zweiten Spalte. Experimentell ausgerichtete Fähigkeiten sind kursiv und mit [CE] gekennzeichnet, digital ausgerichtete Fähigkeiten kursiv und mit [CN]. Die empfohlene Programmiersprache ist Python.

Die Themen erlauben vielfältige Alltagsbezüge – insbesondere die Analyse der Ursachen und Folgen von Klimawandel und Energiewende. Die Geschichte der Physik dient als Hintergrund, um die vorgestellten Konzepte zu beleuchten. Die epistemische Dimension des wissenschaftlichen Ansatzes (kollektiver Aufbau des wissenschaftlichen Wissens, Funktionsweise der wissenschaftlichen Gemeinschaft / Scientific Community, Stärken und Grenzen der Methode usw.) muss im Unterricht auf einem angemessenen Niveau und in einem angemessenen Umfang berücksichtigt werden.

Es steht den Lehrkräften frei, in Klassenstufe 10 und in den Klassenstufen 11 und 12 die Themen, Kenntnisse und Fähigkeiten in der von ihm gewählten Reihenfolge zu behandeln. Für die Klassenstufen 11 und 12 wird jedoch explizit darauf hingewiesen, welche Themen bereits in der Klassenstufe 11 behandelt werden müssen.

Einige Fähigkeiten sind allen oder mehreren Themen gemeinsam und werden nicht in der tabellarischen Auflistung wiederholt:

- die Sicherheitsregeln im Zusammenhang mit der Arbeit im Labor einhalten;
- Messunsicherheiten analysieren, kontrollieren und, wenn möglich, minimieren;
- Datenerfassungs- und -verarbeitungssysteme einsetzen: Mikrocontroller, Messinterface, Tabellenkalkulation, Programmiersprache.

2.1. Klassenstufe 10

2.1.1 Messungen und Messunsicherheiten (Querschnittsthema)

Bei der Behandlung dieses (Querschnitts)Themas liegt der Schwerpunkt eher auf der Visualisierung und Auswertung von Messunsicherheiten als auf deren mathematischer Behandlung. Hierzu werden digitale Werkzeuge, darunter die Programmiersprache Python, eingesetzt.

Begriffe und Inhalte	Verbindliche Kompetenzen
Streuung von Messwerten einer physikalischen Größe Messunsicherheit Angabe des Messergebnisses Vergleich zweier Werte Lineare Regression	Die Schülerinnen und Schüler • werten eine Reihe von unabhängigen Messungen einer physikalischen Größe aus, in dem sie Mittelwert und Standardabweichung bestimmen, • diskutieren die Ursachen für die Streuung von Messwerten und den Einfluss des Messinstruments und des Messverfahrens, • definieren den Begriff Messunsicherheit qualitativ, • ermitteln die Messunsicherheit mit statistischen Methoden unter Verwendung digitaler Werkzeuge [CN], • geben das Ergebnis einer Messung mit einer angemessenen Anzahl signifikanter Stellen an, • vergleichen ein Messergebnis qualitativ mit einem Referenzwert, • führen eine lineare Regression durch, um die Werte der Parameter eines Modells zu ermitteln [CN].

2.1.2 Bewegung und Wechselwirkungen - Beschreibung der Bewegung eines Punktes

Begriffe und Inhalte	Verbindliche Kompetenzen
Klassischer Raum und klassische Zeit; Bezugssystem und Relativität der Bewegung Physikalische Größen zur Beschreibung von Bewegung eines Punktes: Ort, Geschwindigkeit und Beschleunigung; Bahnkurve eines Punktes	Die Schülerinnen und Schüler • wählen ein Bezugssystem, um die Bewegung eines Systems zu beschreiben, • erklären den Einfluss der Wahl des Bezugssystems auf die Beschreibung der Bewegung eines Systems, • beschreiben die Bewegung eines Punktes eines Systems, • definieren die physikalischen Größen, die zur Beschreibung der Bewegung eines Punktes erforderlich sind (Vektoren des Ortes, der Geschwindigkeit, der Beschleunigung) und erläutern die Beziehungen zwischen ihnen, • erklären und deuten den Zusammenhang zwischen Ort-Zeit- und Geschwindigkeit-Zeit-Diagrammen – hinsichtlich der Steigung des Graphen – bei eindimensionalen Bewegungen,

Bewegungsarten: gleichförmige Bewegung, geradlinig gleichförmige Bewegung, geradlinig gleichmäßig beschleunigte Bewegung	• interpretieren und werten Ort-Zeit- und Geschwindigkeit-Zeit-Diagramme eines Punktes eines Systems bei eindimensionalen Bewegungen aus, • führen Experimente zur Erfassung und Auswertung von Bewegungsdaten durch und nutzen dabei digitale Messsysteme (z.B. Videoanalyse oder Beschleunigungssensoren) [CE, CN], • stellen Ort-Zeit- und Geschwindigkeit-Zeit-Diagramme für einen Punkt eines Systems bei einer eindimensionalen Bewegung mithilfe einer Programmiersprache dar [CN], • charakterisieren eine Bewegung unter Verwendung der passenden kinematischen Begrifflichkeiten und der passenden Größen (mittlere Geschwindigkeit, momentane Geschwindigkeit, Beschleunigung), • wenden für eine geradlinig gleichförmige Bewegung das lineare Zeit-Ort-Gesetz an, • wenden für eine geradlinig gleichmäßig beschleunigte Bewegung das lineare Geschwindigkeit-Zeit-Gesetz sowie das quadratische Ort-Zeit-Gesetz an.
---	--

2.1.3. Bewegungen und Wechselwirkungen - Kräfte und das Trägheitsprinzip

Begriffe und Inhalte	Verbindliche Kompetenzen
Modellierung der Einwirkung einer Kraft auf ein System Wechselwirkungsprinzip (3. newtonsches Gesetz) Trägheitsprinzip (1. newtonsches Gesetz); galileisches Bezugssystem; Spezialfälle der Ruhe oder der geradlinig gleichförmigen Bewegung eines Systems, das durch einen Punkt modelliert wird	Die Schülerinnen und Schüler • modellieren und stellen eine Einwirkung auf ein vorgegebenes System durch einen Kraftvektor dar, • stellen eine Kraft vektoriell dar (Betrag, Richtung, Orientierung), • benennen folgende Kräfte und verwenden deren vektorielle Darstellungen: Gewichtskraft, elastische Rückstellkraft (hookesches Gesetz), Auftriebskraft (archimedische Auftriebskraft), • formulieren und nutzen das Wechselwirkungsprinzip, • formulieren und wenden das Trägheitsprinzip an, um aus dem Bewegungszustand eines Massenpunkts auf die resultierende Kraft bzw. um aus der resultierenden Kraft auf den Bewegungszustand zu schließen, • stellen die auf einem Massenpunkt wirkenden Kräfte in einem Kräfte diagramm dar und interpretieren dieses im Hinblick auf ein Kräftegleichgewicht bzw. geradlinig gleichförmige Bewegung.

2.1.4. Energie: Umwandlungen und Übertragungen - Leistung, Energie und Bilanz

Begriffe und Inhalte	Verbindliche Kompetenzen
Leistung; Energie Energiequellen; Energieformen: mechanisch, elektrisch, thermisch; Energieumwandlung; Energiebestand und Energiefluss Energiebilanz; Erhaltung und Nicht-Erhaltung; Wirkungsgrad	Die Schülerinnen und Schüler • formulieren und nutzen den Zusammenhang zwischen Energie, Leistung und Zeit bei konstanter Leistung, • erklären und nutzen den Zusammenhang zwischen den Energie-Zeit- und Leistung-Zeit-Diagrammen und wenden ihn an - hinsichtlich der Kurvensteigung und die Fläche unter der Kurve, • stellen Energieumwandlungen in Diagrammen dar und geben dabei die verschiedenen Energiequellen und Energieumwandlungen an, • analysieren kritisch Dokumente in Bezug auf Energie, in denen unterschiedliche Einheiten (insbesondere J und kWh) verwendet werden, • beschreiben einen Prozess im Hinblick auf die Speicherung, Übertragung und Umwandlung von Energie, • unterscheiden in einer Energiebilanz zwischen Termen, die Energieänderungen entsprechen, und Termen, die Energieübertragungen entsprechen, • definieren den Begriff Wirkungsgrad in einem gegebenen Kontext, • diskutieren den Wert des Wirkungsgrads in einem gegebenen Kontext.

2.1.5 Energie: Umwandlungen und Übertragungen - Energetische Aspekte elektrischer Phänomene

Begriffe und Inhalte	Verbindliche Kompetenzen
Elektrische Schaltungen; Maschenregel; Knotenregel; Spannung-Strom-Kennlinie eines Zweipols; Widerstand und Systeme mit ohmschem Verhalten; Ohmsches Gesetz; Joulesches Gesetz	Die Schülerinnen und Schüler • formulieren die Maschen- und die Knotenregeln und wenden sie in einer elektrischen Schaltung mit höchstens zwei Maschen an, • messen elektrische Spannung und Stromstärke [CE], • bauen eine elektrische Schaltung gemäß einer genormten Schaltskizze auf [CE], • nutzen die Kennlinie eines Zweipols: Modellierung durch eine Spannung-Strom-Beziehung, • stellen die Kennlinie eines Zweipols dar und modellieren diese Kennlinie mithilfe einer Programmiersprache [CE, CN], • formulieren das ohmsche Gesetz und wenden es an,

Energiebilanz in einem elektrischen Schaltkreis; Wirkungsgrad eines Energiewandlers	• erstellen und interpretieren eine Energiebilanz in einem einfachen Stromkreis, • nennen typische Größenordnungen von Leistungen gängiger Verbraucher oder Erzeuger, • definieren den Wirkungsgrad eines Energiewandlers, • bewerten den Wirkungsgrad eines elektrischen Geräts [CE].
---	---

2.1.6. Energie: Umwandlungen und Übertragungen - Energetische Aspekte mechanischer Phänomene

Begriffe und Inhalte	Verbindliche Kompetenzen
Kinetische Energie; potenzielle Energie; mechanische Energie; Zusammenhang zwischen Arbeit und mechanischer Energie („Théorème de l'énergie mécanique“); Arbeit einer Kraft	Die Schülerinnen und Schüler • geben die Formel für die kinetische Energie eines Systems an, das durch einen oder mehrere Massepunkte modelliert ist, und wenden sie an, • leiten die Formel für die potenzielle Energie im Gravitationsfeld für ein System in der Nähe der Erdoberfläche her und wenden sie an, • geben die Formel für die elastische potenzielle Energie (Spannenergie) an und wenden sie an, • formulieren den Zusammenhang zwischen Arbeit und mechanischer Energie („Théorème de l'énergie mécanique“) und wenden diesen an, • identifizieren Situationen, in denen die mechanische Energie erhalten bleibt, und begründen diese, • diskutieren die Veränderung der mechanischen Energie unter Berücksichtigung der Arbeit einer nicht konservativen Kraft (z. B. Reibungskraft), • untersuchen die Entwicklung von kinetischer, potenzieller und mechanischer Energie eines Systems in unterschiedlichen Situationen (Freier Fall, Aufprall auf einen Untergrund usw.) [CE].

2.2. Klassenstufen 11 und 12

In der Klassenstufe 11 werden vorrangig die folgenden Themen behandelt:

- Messungen und Unsicherheiten ausgenommen zusammengesetzte Messunsicherheiten, die erst in Jahrgangsstufe 12 eingeführt werden
- Wechselwirkungen, Felder und Bewegung:
 - Bewegung eines Systems;
 - Gravitation;
 - elektromagnetische Wechselwirkung: elektrisches Feld;
- Signale, Schwingungen, Wellen - Elektrische Signale.

Die folgenden drei Themen sind nicht Bestandteil des Prüfungsprogramms für die Abschlussprüfungen des deutsch-französischen Abiturs:

- Energie: Umwandlungen und Übertragungen – Thermodynamik;
- Signale, Schwingungen, Wellen – Geometrische Optik;
- Kernphysik - Kernumwandlungen.

2.2.1. Messungen und Messunsicherheiten (Querschnittsthema)

Bei der Behandlung dieses Themas liegt der Schwerpunkt eher auf der Visualisierung und Auswertung von Messunsicherheiten als auf deren mathematischer Behandlung. Hierzu werden digitale Werkzeuge, darunter die Programmiersprache Python, eingesetzt.

Begriffe und Inhalte	Verbindliche Kompetenzen
Streuung von Messwerten einer physikalischen Größe Messunsicherheit	Die Schülerinnen und Schüler • werten eine Reihe unabhängiger Messungen einer physikalischen Größe aus: Mittelwert und Standardabweichung, • diskutieren die Ursachen für die Streuung von Messwerten sowie den Einfluss des Messgeräts und des Messprotokolls, • definieren qualitativ eine Messunsicherheit, • führen die Bestimmung einer Messunsicherheit durch einen statistischen Ansatz durch (Bewertung vom Typ A), • erklären, warum eine große Anzahl von Messungen sinnvoll ist, um die Messunsicherheit des Mittelwerts zu verringern, • führen die Bestimmung einer Messunsicherheit durch einen nicht-statistischen Ansatz mithilfe einer vorgegebenen Formel durch (Bewertung vom Typ B),

Zusammengesetzte Messunsicherheiten	bestimmen mithilfe einer vorgegebenen Formel die zusammengesetzte Messunsicherheit einer Größe, die von anderen Größen abhängt, deren Messunsicherheiten bekannt sind,
Angabe des Messergebnisses	geben das Ergebnis einer Messung mit einer angemessenen Anzahl signifikanter Stellen an,
Vergleich zweier Werte; normierte Abweichung	vergleichen zwei Werte, deren Messunsicherheiten bekannt sind, mithilfe der normierten Abweichung,
Lineare Regression	führen eine lineare Regression durch, um die Parameter eines Modells zu bestimmen [CN].

2.2.2. Wechselwirkungen, Felder und Bewegung – Bewegung eines Systems

Begriffe und Inhalte	Verbindliche Kompetenzen
Beschreibung einer Bewegung; Orts-, Geschwindigkeits- und Beschleunigungsvektoren eines Punktes Gleichförmig geradlinige Bewegung und gleichmäßig beschleunigte geradlinige Bewegung. Kreisbewegung und gleichförmige Kreisbewegung; Koordinaten der Geschwindigkeits- und Beschleunigungsvektoren im Frenet-Bezugssystem für eine Kreisbewegung (Normal- und Tangentialkomponenten)	Die Schülerinnen und Schüler - definieren den Geschwindigkeitsvektor als Ableitung des Ortsvektors nach der Zeit und den Beschleunigungsvektor als Ableitung des Geschwindigkeitsvektors nach der Zeit, - leiten die kartesischen Koordinaten der Geschwindigkeits- und Beschleunigungsvektoren aus den kartesischen Koordinaten des Orts- und/oder Geschwindigkeitsvektors ab, - charakterisieren eine Bewegung unter Verwendung des Fachvokabulars und der entsprechenden kinematischen Größen (Durchschnittsgeschwindigkeit, Momentangeschwindigkeit, Beschleunigung, Zentripetalbeschleunigung, Winkelgeschwindigkeit, Periodendauer, Frequenz, Kreisfrequenz), - nennen und wenden die Formeln für die Koordinaten der Geschwindigkeits- und Beschleunigungsvektoren im Frenet-System bei Kreisbewegungen an, - erstellen und/oder werten eine Videoaufnahme oder eine Chronofotografie aus, um die Koordinaten des Ortsvektors in Abhängigkeit von der Zeit zu bestimmen und daraus die angenäherten Koordinaten oder die Darstellung der Geschwindigkeits- und Beschleunigungsvektoren abzuleiten [CE],

Grundgesetz der Dynamik (Zweites Newtonsches Gesetz); Impuls	• formulieren und nutzen das Grundgesetz der Dynamik, um – die Beschleunigung eines Massepunktes zu bestimmen, wenn die wirkenden Kräfte bekannt sind; – die Summe der auf das System wirkenden Kräfte zu bestimmen, wenn die Beschleunigung des ihn modellierenden Massenpunktes bekannt ist, • diskutieren die Bewegung eines Massenpunktes unter Krafteinwirkung qualitativ durch iteratives Schließen, • nennen und wenden die Formel für den Impuls eines Systems an, welches durch einen Massenpunkt modelliert wird, • setzen ein Versuchsprotokoll um, das die Untersuchung eines Kraftgesetzes ermöglicht [CE],
Energiebilanz eines mechanischen Phänomens; Arbeit einer Kraft; „Théorèmes de l'énergie cinétique et de l'énergie mécanique.“	• nennen und wenden die Formel für die Arbeit einer konstanten Kraft an, • formulieren und wenden die „Théorèmes de l'énergie cinétique et de l'énergie mécanique“ an (die Änderung der kinetischen Energie eines Körpers entspricht der Summe der durch äußere Kräfte verrichteten Arbeit).

2.2.3. Wechselwirkungen, Felder und Bewegung – Gravitation: Gravitationsfeld

Begriffe und Inhalte	Erforderliche Kompetenzen
Gravitationskraft; Gravitationsfeld Modell des homogenen Gravitationsfelds in der Nähe der Oberfläche eines Planeten; Bewegung in einem homogenen Gravitationsfeld	Die Schülerinnen und Schüler • nennen und wenden die vektoriellen Ausdrücke für die Gravitationskraft und für das Gravitationsfeld an, • nähern das Gravitationsfeld in der Nähe der Planetenoberfläche durch ein homogenes Feld an, • zeigen, dass die Bewegung in einem homogenen Feld planar ist, • untersuchen die Bewegung eines Systems, das durch einen Massenpunkt modelliert ist, in einem homogenen Gravitationsfeld (dynamischer und energetischer Zugang zum freien Fall),

Bewegung in einem Gravitationsfeld; Himmelskörper, Satelliten; Umlaufbahn	• bestimmen den Wert der Fallbeschleunigung an einem Ort [CE], • ermitteln die Eigenschaften der Geschwindigkeits- und Beschleunigungsvektoren des Schwerpunkts eines Systems bei einer Kreisbewegung in einem Gravitationsfeld, • diskutieren anhand von Dokumenten die Kontroverse vom Übergang vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild im Sonnensystem.
---	---

2.2.4. Wechselwirkungen, Felder und Bewegung - Elektromagnetische Wechselwirkung: elektrisches Feld

Begriffe und Inhalte	Erforderliche Kompetenzen
Elektrische Ladung; Elektrische Kraft; Coulomb-Gesetz; Elektrisches Feld; Superpositionsprinzip; Feldlinien	Die Schülerinnen und Schüler • geben den vektoriellen Ausdruck der elektrischen Kraft an und verwenden diesen, • interpretieren Experimente, die das elektrische Feld betreffen, • wenden das Superpositionsprinzip für elektrische Felder an, • zeichnen Feldlinienbilder für radiale und homogene Felder sowie das Feld eines Dipols und beachten dabei Symmetrien, • werten ein Feldlinienbild bei einem elektrostatischen Feld aus,
Elektrostatisches Potenzial; Äquipotenziale (Äquipotenzialfläche/-linie); Spannung.	• geben die Feldstärke eines homogenen elektrostatischen Feldes zwischen zwei Äquipotenzialen in Abhängigkeit von deren Abstand und der Spannung an und wenden diese an, • konstruieren Äquipotenziale aus gegebenen Feldlinien- und umgekehrt,
Elektrostatisches Feld in einem idealen Plattenkondensator	• diskutieren den Einfluss von Spannung und Plattenabstand auf das innere Feld eines Plattenkondensators,

Bewegung eines geladenen Teilchens im homogenen elektrostatischen Feld; Elektrostatische potenzielle Energie Anwendungen: Elektronenkanone, linearer Teilchenbeschleuniger; Nichtrelativistische Näherung	• nutzen die Analogie zwischen der Bewegung eines geladenen Teilchens im homogenen elektrostatischen Feld und der Bewegung eines Massenpunktes im Gravitationsfeld, • geben die Formel für die potenzielle Energie eines geladenen Teilchens im elektrostatischen Feld in Abhängigkeit vom elektrostatischen Potential an und wenden sie an, • ermitteln mithilfe einer Energiebilanz die Änderung des Wertes der Geschwindigkeit eines durch eine Potenzialdifferenz beschleunigten oder abgebremsten Teilchens, • erklären das Funktionsprinzip einer Elektronenkanone und eines linearen Teilchenbeschleunigers, • führen Umrechnungen mit der Einheit Elektronenvolt durch.
---	---

2.2.5. Wechselwirkungen, Felder und Bewegung - Elektromagnetische Wechselwirkung: Magnetisches Feld und Induktion

Begriffe und Inhalte	Verbindliche Kompetenzen
Magnetisches Feld; Quellen (Permanentmagnet, elektrischer Strom). Superposition von Feldern; Feldlinien	Die Schülerinnen und Schüler • nennen Größenordnungen von magnetischen Flussdichte magnetischer Felder (Umgebung von Magneten, MRT-Geräten, Erdmagnetfeld an der Erdoberfläche), • werten die magnetische Flussdichte anhand vorgegebener Ausdrücke aus, • nennen das Teslameter als Messgerät für die magnetische Flussdichte, • messen die magnetische Flussdichte [CE], • wenden das Superpositionsprinzip für magnetostatische Felder an, • stellen Feldlinien eines magnetostatischen Feldes (homogen, dipolar; Stabmagnet, lange Spule) unter Berücksichtigung der Symmetrieeigenschaften dar, • werten ein Feldlinienbild eines magnetostatischen Feldes aus,

Lorentzkraft; Bewegung eines geladenen Teilchens im homogenen magnetostatischen Feld	• zeichnen ein Feldlinienbild eines magnetostatischen Feldes [CE], • geben den vektoriellen Ausdruck der Lorentzkraft an und verwenden diesen, • interpretieren die Wirkung der Lorentzkraft in Experimenten, • bestimmen den Radius und den Umlaufsinn der Kreisbahn eines geladenen Teilchens in einem homogenen magnetostatischen Feld, dessen Geschwindigkeitsvektor zu Beginn der Bewegung senkrecht zum Magnetfeld steht,
Anwendung: Massenspektrometer	• erläutern das Funktionsprinzip des Massenspektrometers,
Elektromagnetische Induktion; Induktionsspannung; Induktionsstrom; Lenzsche Regel; Magnetischer Fluss; Induktionsgesetz	• beschreiben Experimente zur Veranschaulichung der Lenzschen Regel und des Induktionsgesetzes, führen diese durch und interpretieren diese [CE], • formulieren die Lenzsche Regel und wenden sie an, um ein Induktionsphänomen vorherzusagen und zu interpretieren, • bestimmen den magnetischen Fluss eines homogenen Magnetfelds durch eine orientierte ebene Fläche, die senkrecht zu ihm steht, • formulieren das Induktionsgesetz und wenden es und unter Angabe der Vorzeichenkonventionen an, • nennen und beschreiben Anwendungen der elektromagnetischen Induktion im Alltag und in der Industrie.

2.2.6. Energie: Umwandlungen und Übertragungen - Thermodynamik

Begriffe und Inhalte	Verbindliche Kompetenzen
Thermodynamisches System; Thermodynamischer Gleichgewichtszustand; Zustandsgrößen eines reinen Stoffes: Druck, Temperatur, Volumen; Zustandsgleichung; Beispiele zu idealem Gas und nicht	Die Schülerinnen und Schüler • definieren ein geschlossenes System und charakterisieren seinen thermodynamischen Zustand mit geeigneten Zustandsgrößen, • bestimmen eine Temperatur aus einer Bedingung des thermischen Gleichgewichts,

ausdehnbaren, inkompressiblen Flüssigkeiten und Festkörpern	• bestimmen einen Druck aus einer Bedingung des mechanischen Gleichgewichts, • verknüpfen die gemessenen Werte makroskopischer Größen qualitativ mit den mikroskopischen Eigenschaften des Systems, • nennen die Zustandsgleichung des idealen Gases und wenden diese an, um das Verhalten eines Gases zu beschreiben, • geben den Zusammenhang zwischen der von einem Fluid auf eine ebene Fläche ausgeübten Druckkraft, dem Druck und der Fläche an und wenden ihn an, • messen den Druck und die Temperatur in einem System [CE],
Innere Energie eines Systems; Mikroskopische Aspekte; Wärmekapazität des idealen Gases bei konstantem Volumen; Wärmekapazität von nicht-ausdehnbaren, inkompressiblen Flüssigkeiten und Festkörpern	• erklären den Begriff der inneren Energie eines Systems und nennen die verschiedenen mikroskopischen Beiträge zu dieser Größe, • geben den Ausdruck für die temperaturabhängige Änderung der inneren Energie eines idealen Gases bzw. einer nicht-ausdehnbaren, inkompressiblen Flüssigkeiten/Festkörpern an und wenden diesen an,
Erster Hauptsatz der Thermodynamik; Wärmetransfer, Arbeit	• formulieren und wenden den ersten Hauptsatz der Thermodynamik an, um bei einem System, das als ideales Gas oder als nicht ausdehnbare, inkompressible Flüssigkeit/Festkörper modelliert wird, Arbeit, Wärmetransfer oder Änderung der inneren Energie zu bestimmen, wenn zwei dieser Größen bekannt sind, • ermitteln die Richtung eines Wärmestroms, • bestimmen die von den Druckkräften an einem System mit variablem Volumen geleistete Arbeit im Falle eines konstanten Außendrucks, • messen die Wärmekapazität eines Materials mithilfe eines Kalorimeters [CE].

2.2.7. Signale, Schwingungen, Wellen - Elektrische Signale

Begriffe und Inhalte	Verbindliche Kompetenzen
Stromstärke bei zeitlich veränderlichen elektrischen Signalen Kapazitives Verhalten; Kondensator; Kapazität RC-Reihenschaltung: Laden und Entladen eines Kondensators	Die Schülerinnen und Schüler • geben die Formel für die Stromstärke als elektrischer Ladungsfluss an und wenden diese an, • identifizieren verschiedene Situationen, in denen es zu einer Ansammlung von Ladungen entgegengesetzter Vorzeichen auf gegenüberliegenden Oberflächen kommt, • geben Größenordnungen üblicher Kapazitätswerte an, • geben die Beziehungen zwischen Stromstärke, Ladung und Spannung für den Kondensator an und wenden diese an, • wenden die Formel für die Kapazität eines Plattenkondensators an, • nennen technische Anwendungen des kapazitiven Verhaltens, • geben das kapazitive Verhalten eines Zweipols an und prüfen es [CE], • nutzen die gängigen Funktionen eines Oszilloskops [CE], • stellen die Differenzialgleichung für die Kondensatorspannung beim Laden bzw. Entladen auf und lösen diese, • lösen eine lineare Differenzialgleichung erster Ordnung mit konstanten Koeffizienten und einer Konstanten als Inhomogenität im Rahmen eines physikalischen Modells, • interpretieren und werten den zeitlichen Verlauf der Stromstärke oder der Spannung in einem Lade- oder Entladekreis eines Kondensators anhand von Kurven aus, • diskutieren die Rolle der verschiedenen Parameter beim Laden und Entladen eines Kondensators, • interpretieren das Laden und Entladen eines Kondensators qualitativ unter energetischen Gesichtspunkten,

	• untersuchen das Antwortverhalten einer Schaltung, das durch einen RC-Zweipol modelliert wird [CE], • wenden das Euler-Verfahren mithilfe einer Programmiersprache an, um eine Differenzialgleichung erster Ordnung für den Lade- bzw. Entladevorgang eines Kondensators zu lösen [CN].
--	---

2.2.8. Signale, Schwingungen, Wellen - Einführung in mechanische Wellen

Begriffe und Inhalte	Verbindliche Kompetenzen
Harmonische Schwingung; Amplitude, Phase, Periodendauer, Frequenz, Kreisfrequenz	Die Schülerinnen und Schüler • nennen die Differenzialgleichung für einen harmonischen Oszillator, • charakterisieren Schwingungen mittels Amplitude, Phase, Periodendauer, Frequenz und Kreisfrequenz, • modellieren eine harmonische Schwingung mathematisch und werten ihre grafische Darstellung aus, • nennen die Formel für die Frequenz oder die Periodendauer der Schwingungen eines ungedämpften Federpendels und wenden diese an, • erläutern die Analogien zwischen mechanischen und elektrischen harmonischen Oszillatoren, • führen die Messwerterfassung eines Signals durch, das mit einer harmonischen Schwingung verknüpft ist, und werten diese aus [CE],
Mechanische Welle; Transversalwelle, Longitudinalwelle; Fortschreitende Welle; zugehörige physikalische Größen; Ausbreitungsgeschwindigkeit; Wellenfront; Polarisierung	• beschreiben die Ausbreitung einer mechanischen Welle räumlich und zeitlich anhand der Kopplung lokaler Störungen und eines globalen Energietransports, für verschiedene Fälle: Welle entlang einer Feder (1D), Wellen auf einer Wasseroberfläche (2D), Schallwellen und seismische Wellen (3D) usw., • unterscheiden Transversal- und Longitudinalwellen, • erzeugen eine Störung und visualisieren ihre Ausbreitung in verschiedenen Situationen (Welle entlang eines Seils oder einer Feder, Welle auf einer Wasseroberfläche usw.) [CE],

Sinusförmige fortschreitende mechanische Welle; zugehörige physikalische Größen; Periodendauer; Wellenlänge; Phase

- nennen und wenden die Beziehung zwischen Ausbreitungsdauer, zurückgelegter Strecke einer Störung und Ausbreitungsgeschwindigkeit an, insbesondere zur Lokalisierung einer Wellenquelle,
- bestimmen die Ausbreitungsgeschwindigkeit einer mechanischen Welle oder die Länge der Strecke, die eine solche Welle zurückgelegt hat, und veranschaulichen den Einfluss des Mediums auf die Ausbreitungsgeschwindigkeit einer mechanischen Welle [CE],
- erklären den Begriff des Zustands der linearen Polarisierung einer mechanischen Transversalwelle, zum Beispiel im Fall einer Welle entlang eines Seils,
- unterscheiden räumliche und zeitliche Periodizität,
- nennen, interpretieren und wenden die Wellengleichung, die eine eindimensionale, sinusförmig fortschreitende Welle beschreibt, an,
- begründen und wenden die Beziehung zwischen Ausbreitungsgeschwindigkeit, Periodendauer und Wellenlänge an,
- bestimmen die Kenngrößen einer periodischen mechanischen Welle aus den zugehörigen räumlichen oder zeitlichen Darstellungen,
- setzen die Phasenverschiebung zwischen den an zwei verschiedenen Punkten empfangenen Signalen mit der durch die Ausbreitung bedingten Zeitverzögerung (Laufzeit) in Beziehung,
- charakterisieren die Ausbreitung einer Welle (Periodendauer, Wellenlänge, Ausbreitungsgeschwindigkeit, Phasenverschiebung) [CE],
- simulieren mithilfe einer Programmiersprache die Ausbreitung einer periodischen Welle und untersuchen den Einfluss ihrer Kenngrößen (Amplitude, Periodendauer) auf die erstellten Darstellungen [CN],
- charakterisieren eine stehende Welle durch das Vorhandensein von Knoten und Bäuchen,

Stehende mechanische Welle

	• untersuchen eine stehende Welle auf einer schwingenden Saite mithilfe der Stroboskopie [CE].
--	--

2.2.9. Signale, Schwingungen, Wellen - Einführung in die elektromagnetischen Wellen

Begriffe und Inhalte	Verbindliche Kompetenzen
Elektromagnetische Wellen; Intensität; Nachweis; Spektrum	Die Schülerinnen und Schüler • beschreiben eine elektromagnetische Welle ausgehend von der Kopplung lokaler Änderungen des elektrischen und magnetischen Feldes, • geben einen angenäherten Wert für die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum an, • ordnen einer elektromagnetischen Welle eine Intensität zu, die ihre mittlere Flächenleistung charakterisiert, • nennen Empfänger von elektromagnetischen Wellen, • nutzen eine Frequenz- oder Wellenlängenskala, um einen elektromagnetischen Spektralbereich zu identifizieren, • nennen die Größenordnung der Frequenzen oder Wellenlängen elektromagnetischer Wellen, die in verschiedenen Anwendungen verwendet werden (medizinische Bildgebung, sichtbares Licht, WLAN-Signale, Mikrowellen usw.), • setzen die Wellenlänge im Vakuum mit der Farbe in Beziehung.

2.2.10. Signale, Schwingungen, Wellen - Geometrische Optik

Begriffe und Inhalte	Verbindliche Kompetenzen
Modell der geometrischen Optik; Lichtstrahl; Brechungsindex; Reflexion, Brechung	Die Schülerinnen und Schüler • definieren das Modell der geometrischen Optik und geben seine Grenzen an, • formulieren das Reflexionsgesetz und das Brechungsgesetz und wenden sie an, • bestimmen den Brechungsindex eines Mediums [CE],

Dünne Linsen; reelles Bild, virtuelles Bild; aufrechtes Bild, umgekehrtes Bild; Linsengleichung; Abbildungsmaßstab

- charakterisieren die Brennpunkte einer dünnen Sammellinse mithilfe des Strahlenmodells,
- bestimmen mithilfe des Strahlenmodells graphisch die Position, Größe und Orientierung des reellen Bildes eines reellen ebenen Objekts, das von einer dünnen Sammellinse erzeugt wird,
- bestimmen für eine dünne Sammellinse mithilfe der vorgegebenen Linsengleichung und der Gleichung für den Abbildungsmaßstab die Position und Größe des Bildes eines reellen ebenen Objekts,
- bestimmen die Eigenschaften des Bildes eines reellen ebenen Objekts, das von einer dünnen Sammellinse erzeugt wird,
- definieren den Abbildungsmaßstab und bestimmen diesen geometrisch,
- erzeugen und charakterisieren das reelle Bild eines reellen ebenen Objekts, das durch eine dünne Sammellinse entsteht [CE],
- bestimmen die Brennweite einer dünnen Sammellinse [CE],

Vergrößerung (des Seh winkels);
Astronomisches Fernrohr

- unterscheiden zwischen Abbildungsmaßstab und Vergrößerung (des Seh winkels),
- skizzieren den Aufbau eines afokalen Fernrohrs, das durch zwei dünne Sammellinsen modelliert wird, und identifizieren dabei das Objektiv und das Okular,
- zeichnen das austretende Strahlenbündel eines Objektpunktes, der sich „im Unendlichen“ befindet, und ein afokales Fernrohr durchläuft,
- leiten die Formel für die Vergrößerung (des Seh winkels) eines afokalen Fernrohrs her,
- werten die Kenndaten eines handelsüblichen Fernrohrs aus,

	• bauen ein Modell eines astronomischen Fernrohrs, bestimmen seine Vergrößerung und überprüfen die Position des Zwischenbildes durch Visualisierung [CE].
--	---

2.2.11. Signale, Schwingungen, Wellen - Wellenphänomene

Begriffe und Inhalte	Verbindliche Kompetenzen
Beugung einer Welle an einer Öffnung: Beobachtungsbedingungen und Merkmale	Die Schülerinnen und Schüler • charakterisieren das Phänomen der Beugung in unterschiedlichen Situationen und nennen konkrete praktische Folgen, • veranschaulichen und untersuchen das Phänomen der Beugung experimentell in verschiedenen Konfigurationen [CE],
Interferenzen von zwei Wellen; Bedingungen für die Beobachtung	• charakterisieren das Phänomen der Interferenz zweier Wellen und nennen Folgen und Anwendungen, • ermitteln ausgehend von einer Interferenzanordnung Messgrößen wie z. B. die Wellenlänge [CE], • stellen mithilfe einer Programmiersprache die Summe von zwei sinusförmigen Signalen dar und diskutieren den Kurvenverlauf in Abhängigkeit von deren Kenngrößen (Periodendauer, Amplitude, Phase) [CN],
Konstruktive und destruktive Interferenz	• leiten die Bedingungen für konstruktive bzw. destruktive Interferenz von zwei sinusförmigen Wellen her, die von zwei punktförmigen, phasengleichen Quellen in einem homogenen Ausbreitungsmedium ausgehen, und wenden sie an,
Interferenz zweier Lichtwellen – optischer Gangunterschied; Bedingungen für konstruktive/destruktive Interferenz	• bestimmen den Phasenunterschied (in einem Punkt) in Abhängigkeit vom optischen Gangunterschied, • sagen die Stellen konstruktiver und die Stellen destruktiver Interferenz voraus und leiten die Formel für den Abstand der Interferenzstreifen im Fall des Youngschen Experiments her, wobei die linearisierte Formel für die optische Wegdifferenz gegeben ist, • wenden die vorgegebene Formel für den Streifenabstand an und werten sie aus, ggf. mithilfe einer Bildauswertungssoftware [CE].

2.2.12. Quantenphysik - Quantenobjekte

Begriffe und Inhalte	Verbindliche Kompetenzen
Teilchenmodell des Lichts; Einsteins Quantenhypothese; photoelektrischer Effekt; Koinzidenzanalyse von Photodetektionen; Planck-Einstein-Beziehungen für Energie und Impuls des Photons Wellenmodell der Materie; De-Broglie-Beziehung; Beugung und Interferenz von Materiewellen Welle-Teilchen-Dualismus; Komplementaritätsprinzip; Quantenobjekt; Wahrscheinlichkeitsinterpretation	Die Schülerinnen und Schüler • beschreiben den photoelektrischen Effekt und interpretieren das Hallwachs-Experiment (Widerspruch zum Wellenmodell, Gegenfeldmethode, Austrittsarbeit, Grenzfrequenz, Bestimmung des Planckschen Wirkungsquantums), • interpretieren experimentelle Beobachtungen mithilfe der Quantenhypothese, • beschreiben ein Experiment, das die Koinzidenzanalyse von Photodetektionen nutzt, um das Teilchenmodell des Lichts zu überprüfen, • nennen und wenden die Planck-Einstein-Beziehungen an, • nennen Anwendungen des photoelektrischen Effekts und des inversen Photoeffekts, • überprüfen die Gültigkeit der Quantenhypothese mithilfe eines Experiments zum Photoeffekt oder zum inversen Photoeffekt [CE], • beschreiben und interpretieren ein Beugungs- oder Interferenzexperiment, das das Wellenverhalten von Materie nachweist, • wenden die De-Broglie-Beziehung an, • diskutieren basierend auf der Berechnung der De-Broglie-Wellenlänge, ob die Verwendung des Wellenmodells der Materie zur Untersuchung eines gegebenen Phänomens angemessen ist, • erklären das Konzept des Welle-Teilchen-Dualismus für Licht und Materie,

	• beschreiben Experimente, die mit Quellen einzelner Quantenobjekte (Photonen, Elektronen usw.) an einem Interferometer (vom Typ Young) durchgeführt wurden, und deuten die Beobachtungen unter Berücksichtigung des Komplementaritätsprinzips und der Bornschen Wahrscheinlichkeitsinterpretation.
--	---

2.2.13. Quantenphysik - Quantisierte Energieniveaus

Begriffe und Inhalte	Verbindliche Kompetenzen
Atomspektren; Energieniveaus, Absorption, Emission	Die Schülerinnen und Schüler • stellen ein Energieniveauschema unter Verwendung der passenden Fachbegriffe (Grundzustand, angeregter Zustand, Übergang usw.) dar und werten dieses aus, • beschreiben die Prozesse der Absorption und Emission eines Photons anhand eines Energieniveauschemas, • erklären, wie Spektren genutzt werden können, um Informationen über die chemische Zusammensetzung zu gewinnen, • nehmen das Spektrum einer Spektralquelle auf und interpretieren es mithilfe des Energieniveauschemas der beteiligten Teilchen [CE],
Atommodelle von Rutherford und Bohr; Grenzen	• nutzen die gegebene Bohr'sche Quantisierungshypothese, um den Ausdruck für die möglichen Energiewerte des Elektrons im Wasserstoffatom herzuleiten, • nutzen die Formel, mit der der Energiewert der n-ten Energiestufe des Elektrons im Wasserstoffatom in Elektronenvolt bestimmt werden kann, • vergleichen das Bohr'sche Modell und das Quantenmodell des Atoms im Hinblick auf die Quantisierung der Energiestufen sowie auf Bahnen/Orbitale.

2.2.14. Kernphysik - Kernumwandlungen

Begriffe und Inhalte	Verbindliche Kompetenzen
Atomkern; Isotope; Symbol A_ZX	Die Schülerinnen und Schüler • charakterisieren den Atomkern (Zusammensetzung, Dimension, Masse),

Stabilität und Instabilität von Kernen; α-, β- und γ-Zerfälle; Kernumwandlung. Gleichung einer Kernreaktion; Kernspaltung, Kernfusion	• wenden die atomare Masseneinheit an, • erklären und wenden die symbolische Schreibweise A_ZX an, • bestimmen aus einer Nuklidkarte die radioaktive Isotope eines Elements, • erklären die Stabilität eines Kerns aus dem Zusammenspiel von elektromagnetischer Wechselwirkung und starker Wechselwirkung, • stellen die Gleichung einer Kernreaktion in symbolischer Schreibweise auf, • beschreiben radioaktive Zerfälle sowie und die damit verbundene Strahlung und geben ihren spontanen und zufälligen Charakter an, • geben die Art eines radioaktiven Zerfalls an, • erläutern eine vorgegebene Zerfallsreihe mithilfe einer Nuklidkarte, • beschreiben die Prozesse der Kernspaltung und Kernfusion, • nennen Situationen, in denen Kernspaltung oder Kernfusion auftreten,
Nachweis von Radioaktivität; Zerfallsgesetz; Halbwertszeit; Aktivität	• erklären das Prinzip des Nachweises und der Messung von Radioaktivität und nennen Detektoren, • leiten das Zerfallsgesetz her, d.h. die Formel für den zeitlichen Verlauf der Anzahl radioaktiver Kerne, • erklären die Begriffe Halbwertszeit, Zählrate und Aktivität, • wenden das Zerfallsgesetz oder eine Zerfallskurve an,
Anwendungen der Radioaktivität; Schutz vor ionisierender Strahlung	• erklären das Prinzip der Datierung mit radioaktiven Nukliden und datieren ein Ereignis, • nennen medizinische Anwendungen der Radioaktivität,

Masse-Energie-Äquivalenz; Freiwerdende Energie bei Kernumwandlungen	• nennen Methoden zum Schutz vor ionisierender Strahlung je nach Strahlungsart sowie Faktoren, die die Wirksamkeit dieses Schutzes beeinflussen, • interpretieren die qualitative Freisetzung von Energie bei einer Kernumwandlung.
---	---

3. Operatoren

Définition	Opérateur/ Verbe consigne	Operator	Definition
Tirer un résultat ou une conclusion appropriés à partir de résultats ou de données obtenues auparavant.	(en) déduire, conclure AFB II-III	ableiten, schließen auf AFB II-III	auf der Grundlage von Erkenntnissen (Vorwissen bzw. zuvor ermittelte Ergebnissen) sachgerechte Schlüsse ziehen
Affecter une valeur approchée ou un ordre de grandeur à l'aide de considérations raisonnées.	estimer AFB I-II	schätzen, abschätzen AFB I-II	durch begründete Überlegungen Größenordnungen angeben
Décrire et mettre en lien différentes ressources pour en déduire quelque chose de nouveau, en faire une synthèse ou encore élaborer une démarche expérimentale.	analyser AFB II	analysieren AFB II	wichtige Bestandteile, Eigenschaften oder Zusammenhänge auf eine bestimmte Fragestellung hin herausarbeiten; In Chemie zusätzlich: einen Sachverhalt experimentell prüfen
Utiliser des formules, des équations, des lois, des conditions, des résultats expérimentaux, etc., pour prouver, déduire ou expliquer d'autres phénomènes.	exploiter AFB II-III	anwenden AFB II-III	Formeln, Gleichungen, Gesetze, Bedingungen, Versuchsergebnisse etc. zum Nachweis, zur Herleitung, zur Erklärung anderer Phänomene verwenden
Suggérer une information, un raisonnement (une équation, une équation de réaction, une démarche, etc.).	proposer AFB II	aufstellen AFB II	Formeln, Gleichungen, Reaktionsgleichungen entwickeln
Emettre une supposition justifiée.	formuler une hypothèse AFB III	eine Hypo- these aufstel- len AFB III	eine begründete Vermutung formulieren
Associer une signification aux observations, aux données, aux résultats et/ou à des informations et en tirer des conclusions.	interpréter AFB II-III	auswerten AFB II-III	Beobachtungen, Daten, Einzelergebnisse oder andere Aspekte in einen Zusammenhang stellen, um daraus Schlussfolgerungen zu ziehen
Fonder une démarche ou faire comprendre une situation en se basant sur des éléments objectifs.	justifier AFB II-III	begründen AFB II-III	Gründe oder Argumente für eine Vorgehensweise oder einen Sachverhalt nachvollziehbar darstellen

Mobiliser des connaissances pour reconnaître et nommer précisément des observations, des éléments, des faits, des concepts, des données à partir d'un document.	identifier AFB I-II	identifizieren AFB I-II	Beobachtungen, Elemente, Sachverhalte, Begriffe, Daten, Fakten, Strukturen erkennen und benennen
Obtenir une valeur numérique d'une grandeur avec un calcul.	calculer AFB I-III	berechnen AFB I-III	Ergebnisse (von einem Ansatz oder einer Formel) ausgehend durch Rechenoperationen gewinnen
Rendre compte d'observations, des schémas, des faits, des méthodes, des procédures ou des relations de manière structurée en utilisant un langage adapté.	décrire AFB I-II	beschreiben AFB I-II	Beobachtungen, Strukturen, Sachverhalte, Methoden, Verfahren oder Zusammenhänge strukturiert und unter Verwendung der Fachsprache formulieren
Formuler un avis factuel à l'aide de critères scientifiques ou techniques.	critiquer AFB III	beurteilen AFB III	Das zu fällende Sachurteil ist mithilfe fachlicher Kriterien zu begründen.
Formuler une appréciation en tenant compte des valeurs et des normes sociales.	évaluer AFB III	bewerten AFB III	Das zu fällende Werturteil ist unter Berücksichtigung gesellschaftlicher Werte und Normen zu begründen.
Rendre compte de faits, de relations de causalité, de relations de corrélations en utilisant un langage approprié ou des représentations graphiques (p. ex. dessins, croquis, tableaux)	représenter AFB II	darstellen AFB II	Strukturen, Sachverhalte oder Zusammenhänge strukturiert und unter Verwendung der Fachsprache formulieren, auch mithilfe graphischer Darstellungen (z.B. Zeichnungen oder Skizzen und Tabellen)
Procéder à une analyse critique en comparant et en examinant des arguments scientifiques.	discuter de AFB II-III	diskutieren AFB II-III	Argumente zu einer Aussage oder These einander gegenüberstellen und abwägen
Mobiliser des concepts en lien avec le problème et les relier pour le rendre compréhensible.	expliquer AFB II	erklären AFB II	Strukturen, Prozesse oder Zusammenhänge des Sachverhalts erfassen und auf allgemeine Aussagen oder Gesetze zurückführen
Mobiliser des concepts en lien avec le problème et les relier pour le rendre compréhensible avec l'aide éventuelle d'autres informations ou des exemples.	expliciter AFB II-III	erläutern AFB II-III	Strukturen, Prozesse oder Zusammenhänge des Sachverhalts erfassen und auf allgemeine Aussagen oder Gesetze zurückführen und durch zusätzliche Informationen oder Beispiele verständlich machen
Tirer un résultat ou une relation par un calcul ou par l'exploitation ou par la réalisation d'un graphique ou d'une expérience.	déterminer AFB II	ermitteln AFB II	ein Ergebnis oder einen Zusammenhang rechnerisch, grafisch oder experimentell bestimmen

Déterminer un résultat en explicitant le raisonnement qui y conduit.	établir AFB II-III	herleiten AFB II-III	mithilfe bekannter Gesetzmäßigkeiten einen Zusammenhang zwischen chemischen bzw. physikalischen Größen herstellen
Mettre en relation des observations ou des résultats pour les rendre davantage explicite dans le contexte d'une question ou d'une hypothèse.	commenter AFB III	interprétieren, deuten AFB III	naturwissenschaftliche Ergebnisse, Beschreibungen und Annahmen vor dem Hintergrund einer Fragestellung oder Hypothese in einen nachvollziehbaren Zusammenhang bringen
Répertoire ou reproduire des formules, des règles, des faits, des termes ou des données sans explication.	nommer, donner AFB I	(be)nennen, angeben AFB I	Formeln, Regeln, Sachverhalte, Begriffe oder Daten ohne Erläuterung aufzählen bzw. wiedergeben
Organiser des concepts ou des objets en fonction de caractéristiques.	classer AFB I-II	ordnen AFB I-II	Begriffe oder Gegenstände auf der Grundlage bestimmter Merkmale systematisch einteilen
Suggérer une démarche éventuellement expérimentale ou une de ses étapes à un problème.	proposer AFB II-III	planen AFB II-III	zu einem vorgegebenen Problem (auch experimentelle) Lösungswege (oder Teilschritte) entwickeln und dokumentieren
Illustrer de manière claire et simplifiée des faits, des organisations, des processus, des expérimentations, ou des résultats.	schématiser AFB I-II	skizzieren AFB I-II	Sachverhalte, Prozesse, Strukturen oder Versuche/Ergebnisse übersichtlich grafisch darstellen
Développer des faits ou des phénomènes en utilisant des méthodes de travail spécifiques.	étudier AFB II	untersuchen AFB II	Sachverhalte oder Phänomene mithilfe fachspezifischer Arbeitsweisen erschließen
Inventorier les similitudes et les différences.	comparer AFB II	vergleichen AFB II	Gemeinsamkeiten und Unterschiede herausarbeiten
Créer une représentation graphique, claire et précise.	représenter AFB I-II	zeichnen AFB I-II	eine anschauliche und hinreichend exakte grafische Darstellung anfertigen
Associer des caractéristiques ou des résultats entre eux.	attribuer AFB I-II	zuordnen AFB I-II	charakteristische Merkmale oder Ergebnisse aufeinander beziehen